

## 表面含浸材によるコンクリートのスケーリング抵抗性に関する研究

福岡大学大学院 学生会員 ○大町 正和 西日本技術開発 正会員 楠 貞則  
 福岡大学大学院 正会員 池 翰相 福岡大学大学院 正会員 添田 政司

## 1. はじめに

寒冷地では、凍害の劣化現象の一つにスケーリングがある。その対策として筆者らは特に、混和材を用いた対策手法について検討してきた<sup>1)</sup>。またスケーリングは表面から進行するため、表面の品質は重要であり、近年、コンクリート表面に保護材を塗布して表面を改質する工法が注目されている。そこで本研究では、配合、養生条件および含浸材の有無などの条件を変えた各種コンクリートにASTM C 672 に準じた凍結融解試験を実施し、各条件がスケーリングに及ぼす影響を検討した。

## 2. 実験概要

## 2.1 使用材料および配合

セメントには普通ポルトランドセメント（密度  $3.15\text{g/cm}^3$ ）、細骨材には海砂（表乾密度  $2.58\text{g/cm}^3$ 、吸水率  $0.96\%$ ）を、粗骨材には砕石 2005（表乾密度  $2.75\text{g/cm}^3$ 、吸水率  $1.11\%$ ）を使用した。また、混和材としてフライアッシュを使用した。表-1 に試験に用いたコンクリートの配合を示す。表記はフライアッシュ無混合をN、フライアッシュをセメント代替材として10%置換したものをFA10、細骨材代替材として10%置換したものをFA10EXとした。水粉体比は55%一定とし、目標スランプおよび空気量をそれぞれ  $8\pm 1.0\text{cm}$ 、 $4.5\pm 1.0\%$ とした。含浸材は、シラン系のものを用いた。塗布は気中養生の試験体に対しては、28日養生後に直ちに塗布し、水中養生の試験体に対しては、養生後3日間の乾燥を与えた後で塗布した。塗布量は、 $0.20\text{m}^2$ とし、比較のために無塗布の試験体も作製し、計12種類で検討した。試験体の条件を表-2 に示す。

## 2.2 試験体作製・養生および試験方法

試験体は  $200\times 200\times 80\text{mm}$  を作製し、その後、試験水を張るための高さ  $20\text{mm}$ 、幅  $20\text{mm}$  の土手を試験面に打設した（図-1）。養生は、材齢28日まで気中養生（温度  $20^\circ\text{C}$ 、湿度  $60\%$ ）・水中養生（水温  $20^\circ\text{C}$ ）の2ケース実施した。

凍結融解試験は ASTM C 672（凍結最低温度  $-23^\circ\text{C}$ 、融解最高温度  $+23^\circ\text{C}$ ）に準じ、試験面に NaCl（3%溶液）を深さ  $6\text{mm}$  まで注ぎ、気中凍結気中融解試験装置により40サイクルの凍結融解作用を与えた。1サイクルは24時間で、凍結に16時間、融解に8時間かけた。

測定項目は圧縮強度試験（JIS A 1108）、スケーリング量、40サイクル終了時に試験体断面を切り出しEPMAによる面分析および試験体中央部付近の試料を用いて細孔径分布試験を行った。

## 3. 実験結果および考察

## 3.1 圧縮強度

表-2 に圧縮強度の試験結果を示す。すべての配合において水中養生が気中養生に比べ、圧縮強度は大きい。また、圧縮強度は混和材の混合方法によっても違いが生じ、気中・水中養生いずれの養生条件においても材齢28日で強度が大きい順に  $\text{FA10EX} > \text{N} > \text{FA10}$  となった。

## 3.2 スケーリング量

図-2 に凍結融解サイクル数とスケーリング量の関係を示す。スケーリング量は、40サイクル終了時でFA10EXが最も少ない。養生条件別には、いずれの配合も、水中養生より気中養生の方が小さくなる傾向となった。含浸材

表-1 コンクリートの配合

配合名	単位量( $\text{kg/m}^3$ )					AD* ( $\text{kg/m}^3$ )	AE** ( $\text{g/m}^3$ )
	W	C	FA	S	G		
N	168	306	-	798	1047	3.06	1.224
FA10	166	272	30	804	1047	3.02	4.711
FA10EX	169	307	65	668	1103	3.07	12.618

\*:4倍液、\*\*:100倍液

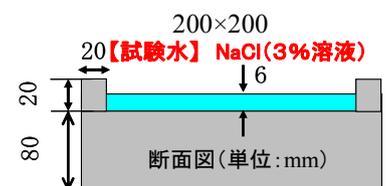


図-1 試験体概要

表-2 試験体条件および圧縮強度(材齢28日)

配合名	養生条件	含浸材	圧縮強度 ( $\text{N/mm}^2$ )
N	気中	有	27.7
		無	
N	水中	有	35.1
		無	
FA10	気中	有	26.2
		無	
FA10	水中	有	34.8
		無	
FA10EX	気中	有	27.7
		無	
FA10EX	水中	有	37.0
		無	

キーワード 凍結融解作用 スケーリング 含浸材 フライアッシュ 細孔量

連絡先 〒814-0180 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号 福岡大学コンクリート実験室 TEL092-871-6631

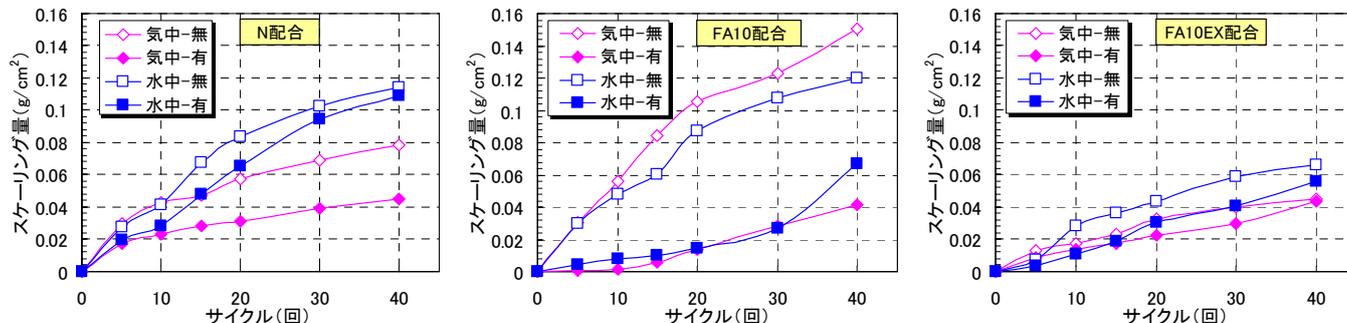


図-2 スケーリング量の測定結果

を塗布したものは、無塗布と比較し、いずれの配合・養生条件においてもスケーリング量が少なく、スケーリングの抑制効果が認められる。また、水中養生が気中養生に比べて、圧縮強度が大きいにも関わらず、スケーリング量が多い。この原因は明らかではないが、養生条件の違いによる凍結水量の影響が考えられる。

3.3 細孔構造

図-3 に 3nm~5μmの範囲の細孔量とスケーリング量の関係を示す。細孔量が多いほどスケーリング量が少ない傾向となった。一般的に細孔量が多くなれば凍結水量も多くなりスケーリングは進行すると考えられるが、逆の傾向を示した<sup>2)</sup>。これは、スケーリングはコンクリート表層の劣化現象であり、今回採取した試料が試験体の中央部付近(深さ40mm)であることや最大スケーリング深さが3mm程度であることから、凍結融解作用による劣化が進行していないことが要因として考えられる。

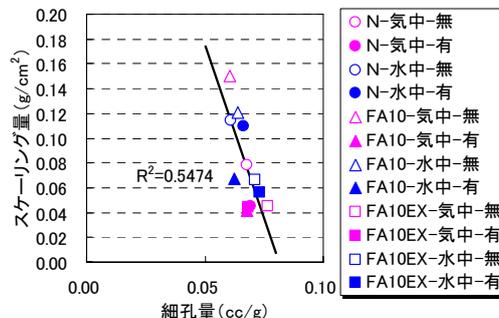


図-3 細孔量(3nm~5μm)とスケーリング量の関係

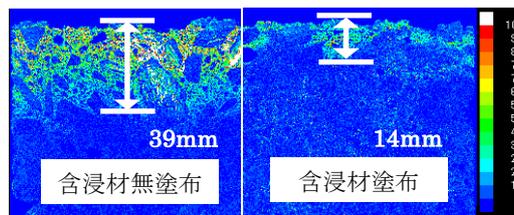


図-4 塩化物イオン(Cl<sup>-</sup>)濃度分布(FA10-気中)

3.4 EPMAによる面分析(塩化物イオン)

図-4に40サイクル終了時のEPMAによる塩化物イオンの測定画像を示す。測定は含浸材の塗布と無塗布で最もスケーリング量に差のあったFA10-気中について行った。測定の結果、含浸材無塗布の試験体は約39mm浸透しているのに対し、塗布したものは約14mmの浸透深さとなった。これより、含浸材の塗布により塩化物イオンの浸透抑制効果が確認できるが、含浸材が完全に塩化物イオンを遮断するものではないことが分かる。図-5に塩化物イオン浸透深さとスケーリング量の関係を示す。含浸材の塗布・無塗布に関らず、塩化物イオン浸透深さが深いほど、スケーリング量は多くなり、両者の間には高い相関性がある。塩化物イオンの浸透深さはスケーリングに影響を及ぼし、塩化物イオンの浸透抑制効果を期待できるシラン系含浸材はスケーリングの抑制に効果的であると考えられる。

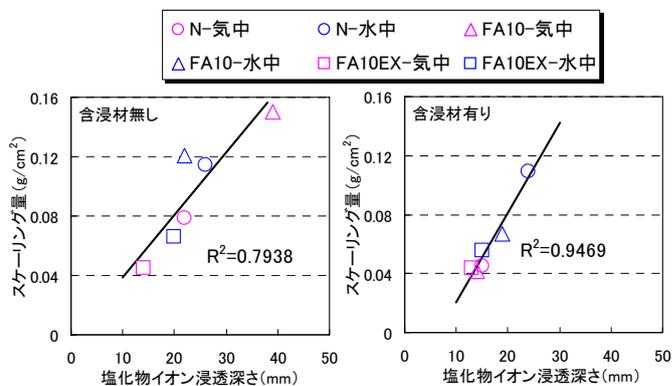


図-5 塩化物イオン浸透深さとスケーリング量の関係

4. まとめ

(1) スケーリング量は、FA10EXが最も少なく、含浸材を塗布した場合、配合・養生条件に関らずスケーリングの抑制が確認できた。(2) 3nm~5μmの範囲の細孔量が多いほどスケーリングは少ない傾向がある。(3) 含浸材の塩化物イオン浸透抑制効果が確認できた。

〈参考文献〉

- 楠貞則, 添田政司, 大和竹史: 凍結融解作用による各種混和材を用いたコンクリートのスケーリング特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.237-242, 2007
- 吉田行, 田口史雄, 名和豊春, 渡辺宏: 各種結合材を用いたコンクリートのスケーリング抵抗性, 土木学会第61回年次学術講演会 5-391, pp.779-780, 2006.9